Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 14, No. 1, Spring 2022, p. 19-33

Effect of Phosphate Solubilizing Bacteria and Mycorrhizal Fungi on Agronomic Important Traits in Two Wheat (*Triticum aestivum* L.; *Triticum turgidum* var. durum) Cultivars under Dryland Conditions

R. Naseri[1], M. Barary[2*], M.J. Zarea[3], K. Khavazi[4] and Z. Tahmasebi[2]

Received: 11-11-2015
Revised: 20-08-2016
Accepted: 22-08-2016
Available Online: 15-06-2022

How to cite this article:
Naseri, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, K., and Tahmasebi, Z., 2022. Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on agronomic important traits in two wheat (*Triticum aestivum* L.; *Triticum turgidum* var. durum)cultivars under dryland conditions. Journal of Agroecology 14(1):19-33
DOI: 10.22067/jag.v11i4.51317

Introduction

Current estimates indicate that 25% of the world's agricultural lands are affected by water stress. Iran, with an annual 240 mm of rainfall, is classified as a dry region of the world. Wheat is one of the main cereal crops, cultivated to the demands of the population for human feeding. Winter wheat, the most important food grain produced in Iran, is grown on some 6 million ha. Production of wheat typically requires intensive use of chemical fertilizers. In addition to nitrogen (N) and potassium (K), phosphorous (P) is also one of the essential macronutrients required for the growth and development of wheat. P is usually applied to the soil in the form of phosphate fertilizers. However, a large portion of soluble inorganic phosphate applied to the soil as chemical fertilizer is immobilized rapidly and becomes unavailable to plants. Soil microorganisms can contribute to the enhanced availability of soil P through mineralization of organic P or solubilization of inorganic P resulting in the reduction of P fertilization. Beneficial free-living rhizobacteria, which have been shown to improve plant health or increase yield, are usually referred to as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). Mycorrhiza, which is a symbiotic fungus, has been under research for more than a century. Inoculation of plant roots with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi may be effective in improving crop production under drought conditions. Improved productivity of AM plants was attributed to enhanced uptake of immobile nutrients such as phosphorus, zinc, and copper. In addition, other factors associated with AM fungal colonization may influence plant resistance to drought. These include changes in leaf elasticity, improved leaf water, and turgor potentials, maintenance of stomatal opening and transpiration, increased root length and depth, and development of external hyphae. Therefore the main goal of this study was to find the effect of phosphate solubilizing bacteria and Mycorrhizal fungi on yield, yield components, and its association in two dryland wheat cultivars.

Materials and Methods

In order to find the effects of the phosphorous deficiency and phosphate solubilizing bacteria (PSB) and Mycorrhiza fungi on grain yield and associated traits, an experiment was carried out in factorial arrangement using a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station of Ilam University (46*28' N, 33* 37 E; elevation 1174 m) during 2013-2014 cropping season. Experiment factors consisted of two dryland wheat cultivars (bread (Keras Sabalan) and durum wheat (Saji)) and phosphorous deficiency, phosphate solubilizing bacteria, and Mycorrhiza fungi treatment including (without application of phosphorous, 100% consumption of phosphorous fertilizer, phosphate solubilizing bacteria, Mycorrhiza fungi,

1, 2 and 3- Ph.D student in Agronomy, Assistant Professor, Associate Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, respectively.
4- Associate Professor, Water and Soil Research Institute, Karaj, Iran.
(*- Corresponding Author Email: bararym@gmail.com)

phosphate solubilizing bacteria + Mycorrhiza fungi, 50% of phosphorous fertilizer + phosphate solubilizing bacteria + Mycorrhiza fungi, 50% of phosphorous fertilizer + phosphate solubilizing bacteria, 50% of phosphorious fertilizer + Mycorrhiza fungi). At full maturity, agronomic traits such as spik.m^{-2}, spikelet.spike^{-1}, grain.spike^{-1}, 1000-grain weight, grain yield, biological yield, harvest index, spike length, spike weight, and plant height were recorded using a sample of ten random guarded plants from the middle ridges of each plot. The data were analyzed statistically by the SAS program, and the data means were compared by Duncan's multiple range test (DMRT).

Results and Discussion

Results indicated that the interaction effect between cultivar×bio-fertilizer had a significant effect on the spike.m^{-2}, spikelet.spike^{-1}, grains.spike^{-1}, 1000-grain weight, grain yield, biological yield, harvest index, spike length, spike weight, and plant height. The use of bio-fertilizer had a positive and significant effect on total studied traits in two dryland wheat under dryland conditions so that Saji cultivar and Using of bio-fertilizer had the highest grain yield with 62% to check treatment (without using of phosphorous chemical fertilizer and f bio-fertilizer) and also Increasing of 36% observed to 100% of using of phosphorous chemical fertilizer. There was a significant difference between cultivars to the response of Using phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi so Sji cultivars had the best response to mycorrhizal fungi. Therefore with, regard to the cultivation of wheat is facing terminal stresses (drought and heat), indicating that the Saji cultivar and Using of mycorrhizal fungi can be the best result under dryland conditions.

Conclusion

This study indicated that phosphate solubilizing bacteria (HSB) and Mycorrhizal fungi had a positive effect on grain yield and associated traits and grain yield was higher in the presence of *inoculation with* Mycorrhizal fungi and HSB. In general, using bio-fertilizers and managing integrated nourishment quantitatively and qualitatively is one the efficient ways to improve plant production, and the environment would have a better condition if chemical fertilizers consumption reduce. Recent studies indicated that using bio-fertilizers also improves soil physiological structure and also increases organic matter content and P available to the coexistent plant. Of course, before it is recommended for massive production and wide application, it is necessary to implement and replicate this experiment in different regions.

Keywords: Bio-fertilizer, Dryland conditions, Grain yield, Phosphorous chemical fertilizer

نشریه بوم شناسی کشاورزی
https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

اثر باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا بر صفات مهم زراعی دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.; *Triticum turgidum* var. durum) در شرایط دیم

رحیم ناصری[1]، مهرشاد براری[2]*، محمدجواد زارع[3]، کاظم خاوازی[4] و زهرا طهماسبی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۰۵/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۱

ناصری، ر.، براری، م.، زارع، م.ج.، خاوازی، ک. و طهماسبی، ز.، ۱۴۰۱. اثر باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا بر صفات مهم زراعی دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.; *Triticum turgidum* var. durum) در شرایط دیم. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۴(۱):۳۳-۱۹.

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.; *Triticum turgidum* var. durum) دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم در دو سطح (کراس سبلان و ساجی) و عامل مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی در هشت سطح شامل: ۱- عدم مصرف کود شیمیایی فسفر، ۲- ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر، ۳- باکتری حل‌کننده فسفات (*سودوموناس پوتیدا*)، ۴- قارچ میکوریزا (*گلوموس موسه*)، ۵- باکتری حل‌کننده فسفات + قارچ میکوریزا ، ۶- باکتری حل‌کننده فسفات + قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر، ۷- باکتری حل‌کننده فسفات + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و ۸- قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که برهم‌کنش رقم در مخلوط کود شیمیایی و کود زیستی بر تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. کود زیستی در هر دو رقم گندم در شرایط دیم دارای اثر مثبت و معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه بود، به‌طوری‌که درصد افزایش عملکرد دانه در رقم ساجی و استفاده از قارچ میکوریزا نسبت به شاهد ۶۲ درصد بود. همچنین درصد افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر ۳۶ درصد بود. در این پژوهش نشان داده شد، بین ارقام دیم مورد آزمایش هنگام استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفر و قارچ میکوریزا تفاوت وجود دارد، به‌طوری‌که گندم دوروم ساجی واکنش بهتری به قارچ میکوریزا از خود نشان داد. بنابراین، نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط کشت گندم دیم در ایلام که گیاه با تنش‌های آخر فصلی (خشکی و دما) مواجه می‌گردد، گندم دوروم دیم رقم ساجی و قارچ میکوریزا نتیجه مطلوب‌تری از خود نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شرایط دیم، عملکرد دانه، کود زیستی، کود شیمیایی فسفر

مقدمه

استفاده گسترده از کودهای شیمیایی یکی از مشکلات اصلی در محیط زیست و همچنین موجب افزایش هزینه می‌گردد. در این بین، مصرف کود شیمیایی فسفر در محیط منجر به افزایش فرسایش خاکی و در نتیجه، ایجاد روان‌آب‌ها می‌گردد (Azadi et al., 2013)، بنابراین، به یک سری منابع جایگزین در کنار کود شیمیایی نیاز می‌باشد (Azadi et al., 2013). باکتری‌های افزاینده رشد به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده اند (Wu et al., 2005). کودهای زیستی (PGPR)[4] به‌عنوان مایه تلقیح میکروبی که توانایی متحرک‌سازی عناصر غذایی خاک را برای

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران.
۴- دانشیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: bararym@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.51317

4- Plant Growth Promoting Bacteria

گیاه زراعی از حالت غیرقابل دسترس به دسترس از طریق فرآیندهای بیولوژیکی‌شان دارند اطلاق می‌شوند (Soleymani Fard & Naseri, 2014). باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزسپیریلوم* و *سودوموناس* از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Azadi et al., 2013; Soleymanfard et al., 2013). زهیر و همکاران (Zahir et al., 2000) افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته ذرت (Zea mays L.) که بذرهای آن با باکتری *سودوموناس* تلقیح شده بودند را گزارش کردند. نتایج تحقیقات زیدی و خان (Zaidi & Khan, 2006) نیز حاکی از آن است که ریزجانداران حل‌کننده فسفات، با حل کردن فسفر تثبیت شده در خاک موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. بیان شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات دارای طیف گسترده‌ای از محرک رشد گیاهی مانند سیانید هیدروژن، تولید سیدروفور و تولید اکسین، حل‌کنندگی فسفات می‌باشند که باعث افزایش رشد گیاه می‌گردد (Rashid et al., 2004). یکی از مهم‌ترین روابط همزیستی در عالم حیات که در طی دوره تکامل به‌وجود آمده است، همزیستی میکوریزا می‌باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به‌صورت یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از یکدیگر سود می‌برند. قارچ‌های میکوریزا قادر به برقراری همزیستی مسالمت‌آمیزی با ریشه گیاهان خشکی‌زی هستند. بر اثر این همزیستی دو طرف سود برده و به رشد یکدیگر کمک می‌کنند. مهم‌ترین اثر قارچ‌های میکوریزا، افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً به‌دلیل افزایش جذب عناصر غیرمتحرک از خاک انجام می‌گیرد، این همزیستی سبب تسریع تبادل عناصر غذایی بین گیاه میزبان و قارچ میکوریزا می‌گردد. جذب عناصر گوناگون از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز توسط گیاه در حضور قارچ میکوریزا افزایش می‌یابد. سونگ (Song, 2005) اظهار داشت در اثر تلقیح قارچ میکوریزا، ریزوسفر خاک بهبود یافته و در اثر توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی، سیستم دفاعی گیاه میزبان تقویت شده و خطرات اکسیداسیون کاهش می‌یابد. سازوکارهای مختلفی برای تخفیف اثر منفی تنش خشکی بر شاخص‌های رشد گیاهان میکوریزایی شده عنوان گردیده است که از جمله آن‌ها به افزایش پتانسیل آب برگ، آهنگ جذب و ترکیب گاز کربنیک و سرعت تعرق و تنظیم اسمزی به‌وسیله افزایش جذب نمک‌های محلول کلسیم، پتاسیم و منیزیم و نیز قندها و نشاسته قابل حل در برگ‌ها اشاره نمود (Wu & Xia, 2006). کانوال و همکاران (Kanwal et al., 2015) اظهار داشتند که افزایش ماده خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی در تلقیح با قارچ میکوریزا (*گلوموس موسه‌آ*) در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در مقایسه با عدم تلقیح با این قارچ می‌تواند به‌دلیل افزایش غلظت آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز باشد.

نفوذ بیش‌تر هیف‌های قارچ میکوریزا در منافذ ریز خاک، موجب افزایش سطح ویژه مؤثر ریشه‌ها به‌واسطه اشتراک هیف‌های قارچ، سبب افزایش تمایل به جذب در ریشه و ایجاد تغییرات شیمیایی می‌شود (Cardoso & Kuyper, 2006). اثرات مثبت همزیستی میکوریزا در رشد رویشی و عملکرد گیاه می‌تواند به‌علت بهبود جذب فسفر و افزایش جذب آب به‌وسیله هیف‌های قارچی و همچنین افزایش تراکم و طول ریشه گیاه، به‌خصوص در شرایط تنش خشکی باشد (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008). تانگ و همکاران (Tang et al., 2009) در بررسی خود روی گیاه ذرت مشاهده کردندکه مایه‌زنی ذرت با قارچ میکوریزا (*گلوموس موسه*) سنتز کلروفیل در گیاه را بهبود بخشید و فتوسنتز گیاه را نیز افزایش داد.

از آن‌جا که تحقیقات زیادی در مورد کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا بر گندم دیم در کشور و به‌ویژه در استان ایلام انجام نشده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی عملکرد دانه و صفات مهم مورفوفیزیولوژیک در ارقام گندم دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا برابر با ۱۱۷۴ متر اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم دیم در دو سطح (گندم نان (کراس‌سبلان) و دوروم (ساجی)) و عامل تیمارهای مخلوط کود شیمیایی فسفر،

باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا در هشت سطح شامل: ۱- عدم مصرف کود شیمیایی فسفر،۲- ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر، ۳- باکتری حل‌کننده فسفات (*سودوموناس پوتیدا*)، ۴- قارچ میکوریزا (*گلوموس موسه*)، ۵- باکتری حل‌کننده فسفات + قارچ میکوریزا، ۶- باکتری حل‌کننده فسفات + قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر، ۷- باکتری حل‌کننده فسفات + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و ۸- قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر در نظر گرفته شدند. ابعاد هر کرت هشت مترمربع، تعداد خطوط هشت ردیف و طول هر ردیف چهار متر و فاصله هر تکرار یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایش شامل هشت خط کاشت با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و طول چهار متر در نظر گرفته شد. باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا مورد استفاده در این پژوهش از مؤسسه آب و خاک کرج تهیه گردید. قبل از کاشت گندم، به‌میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری *سودوموناس* زنده و فعال، با آب شکر به غلظت دو درصد (Moradi et al., 2011) مرطوب و به نسبت دو کیلوگرم ماده تلقیح در ۱۰۰ کیلوگرم بذر و قارچ میکوریزا که هر گرم آن دارای ۱۵۰ اسپور زنده، با بذرها تلقیح و آغشته شد و پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده در شیارهای ایجاد شده انداخته و با خاک پوشانده شدند. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم بود. کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) مورد استفاده قرار گرفتند. کود نیتروژن به‌میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در هنگام کاشت و شروع ساقه‌دهی) به زمین داده شد. درمورد کود فسفره ۵۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپر فسفات تریپل ۱۰۰٪ کود توصیه شده در زمان کاشت مصرف گردید.

جدول ۱- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 1- Monthly mean value of precipitation and relative humidity in Agricultura Reserch Field Staion of Ilam University 2013-2014 croping season

ماه	Month	حداقل دما Min temperature (°C)	حداکثر دما Max temperature (°C)	میزان بارش Precipitation (mm)	حداقل رطوبت Min. Humidity (%)	حداکثر رطوبت Max. Humidity (%)
مهر	Oct.	11	27	0	14	41
آبان	Nov.	7.5	25.6	163.5	45	84
آذر	Dec.	2.7	12.7	103.3	45	89
دی	Jan.	-1	10.8	89.9	42	88
بهمن	Feb.	0.2	11	151.3	43	89
اسفند	Mar.	5	15.8	93.1	42	85
فروردین	Apr.	6.4	19.8	32.4	27	74
اردیبهشت	May	12.8	27.1	27.2	21	59
خرداد	Jun.	16.9	32.4	0	14	39

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Soil physical and chemical properties of experimental area

بافت Texture	فسفر قابل جذب Available P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب Available K (mg kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک pH
Silty loam	7.2	310	0.12	1.28	0.97	7.2

صفات مورد اندازه‌گیری شامل تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبل‌چه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، طول سنبله، وزن سنبله، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و ارتفاع بوته بود. با نزدیک شدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن سنبله و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری تعداد سنبله در مترمربع از کوادرات یک مترمربعی استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری و تعیین وزن هزار دانه، ۱۰۰۰ بذر از هر

کرت آزمایشی به‌صورت تصادفی شمارش و توسط ترازوی دیجیتالی محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه بوته‌های موجود در هرکرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در ۲/۲۵ مترمربع به‌صورت جداگانه کف‌بر و محاسبه گردید. جهت محاسبه عملکرد بیولوژیک پس از برداشت بوته‌های هر کرت آزمایشی و قبل از جدا کردن دانه-ها، وزن کل بوته‌ها اندازه‌گیری و عملکرد بیولوژیک تعیین گردید. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت به‌دست آمد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی رقم و مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی و برهم‌کنش آن‌ها بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار گردید (جدول ۳). با توجه به جدول اثر برهم‌کنش رقم در کود زیستی نشان داده شد که رقم کراس‌سبلان در تیمار مخلوط قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیش‌ترین سنبله در مترمربع بود و کم‌ترین تعداد سنبله در رقم ساجی و شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). در این پژوهش مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا در دو رقم گندم نان و دروم موجب افزایش تعداد سنبله در مترمربع گردید، به‌طوری‌که درصد تعداد سنبله در رقم کراس‌سبلان و استفاده از کود زیستی نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی فسفر و مخلوط قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات) ۱۵ درصد بود. هم‌چنین درصد افزایش تعداد سنبله در مترمربع در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر به تنهایی ۵/۶ درصد بود (جدول ۴). با توجه به این که فسفر دومین عنصر محدودکننده بعد از نیتروژن می‌باشد، در تیمار عدم استفاده از کود شیمیایی فسفر و عدم تلقیح با کود زیستی به‌علت عدم استفاده از هر نوع کود فسفره رشد پنجه‌ها و به تبع تعداد سنبله در مترمربع در شاهد کم‌تر بود. این افزایش تعداد سنبله در مترمربع احتمالاً ناشی از وجود تیمارهای کود شیمیایی فسفر و کود زیستی در محدوده خاک یا ریزوسفر است که به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد گیاه از جمله افزایش این صفت می‌گردد. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده کود زیستی به‌دلیل توانایی در افزایش جذب فسفر قابل دسترس در خاک این عنصر در مرحله رویشی و زایشی گیاه تأثیر بسزایی دارد و هر چقدر که تعداد پنجه در بوته زیاد گردد، به تبع بر تعداد سنبله نیز افزوده خواهد شد. یساری و پاتواردهان (Yasari & Patwardhan, 2007) نیز اثر مثبت کودهای زیستی *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بر تعداد غلاف در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) بیان داشتند. ناصری و همکاران (Naseri et al., 2010) نیز نشان دادند که استفاده از کود زیستی *ازتو* باکتر و *آزوسپریلیوم* دارای تأثیر بسیار معنی‌دار بر صفت تعداد غوزه در بوته گلرنگ بود، به‌نحوی که استفاده از کود زیستی موجب افزایش ۳۲/۸ درصدی در تعداد غوزه در بوته گردید. مرتنز و هیس (Mertnese & Hess, 2004) نیز طی تحقیقات خود، افزایش عملکرد گندم تلقیح شده با کود زیستی *آزوسپریلیوم* را مربوط به افزایش تعداد پنجه در گیاه بیان کرده‌اند.

صفت تعداد دانه در سنبله یکی از معیارهای تعیین‌کننده عملکرد دانه محسوب می‌شود، زیرا هرچه تعداد دانه بیش‌تر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد متابولیکی به‌وجود آمده و هر عاملی که باعث افزایش این معیار شود، باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد، که در این آزمایش اثر متقابل رقم در مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۳). در این آزمایش بین دو رقم مورد استفاده همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس آمده اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. افزایش کود شیمیایی فسفر و استفاده از کود زیستی موجب افزایش تعداد دانه در سنبله گردید. به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد دانه در رقم ساجی و قارچ میکوریزا به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین تعداد دانه در رقم کراس‌سبلان و تیمار عدم مصرف کود شیمیایی فسفر و کود زیستی به‌دست آمد که نسبت به شاهد افزایش ۶۴/۱ درصدی از خود نشان داد (جدول ۴). افزایش تعداد دانه در سنبله در اثر کاربرد کود زیستی می‌تواند ناشی از اثر آن بر روی تعداد سنبل‌چه در سنبله و طول سنبله باشد که تا حدودی توانسته مقدار آن را افزایش دهد (جدول ۴). از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد. در گزارشات الکراکی و همکاران (Al-Karaki et al., 2004) نیز تأثیر کود زیستی بر طولانی‌تر شدن دوره پرشدن دانه در گندم و در نتیجه آن افزایش تعداد دانه در سنبله بیان شده، در آزمایش راجا و همکاران (Raja et al., 2002) بین

تیمارهای کود شیمیایی فسفر و کود زیستی *سودوموناس* اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی با دیگر سطوح میکوریزا، *سودوموناس* و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. با توجه به اینکه در شرایط دیم گیاه با تنش‌های مختلف از جمله کم‌آبی و گرما مواجه می‌گردد و در شرایط ایلام معمولاً از فروردین میزان بارندگی کم می‌گردد (جدول ۱) که این کمبود بارندگی با مرحله گل‌دهی و گرده‌افشانی و متعاقب آن تشکیل دانه در سنبله همراه می‌باشد، همان‌طور که جدول ۴ نشان داده شده در تیمارهای شاهد میزان تعداد دانه در سنبله در هر دو رقم به‌شدت کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند، امّا در تیمارهای باکتری‌های حل‌کننده فسفر و به‌خصوص قارچ میکوریزا ما شاهد حداکثر تعداد دانه در سنبله هستیم. بنابراین، نشان داده شد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و به‌ویژه قارچ میکوریزا از طریق افزایش طول دوره رشد تحت شرایط دیم و افزایش سطح برگ موجب کاهش خسارت‌های ناشی از تنش خشکی و گرما گردید. آن‌چه مشخص است در مرحله گل‌دهی که عمل تلقیح صورت می‌گیرد، کمبود رطوبت در این مرحله موجب می‌گردد که عمل تلقیح به‌خوبی صورت نگیرد و با مشکل مواجه گردد. کاربرد کود زیستی در این مرحله باعث افزایش عمل گرده‌افشانی که نتیجه آن افزایش تعداد دانه در سنبله در مقایسه با سایر تیمارهای شاهد می‌باشد. سلیمان‌زاده و همکاران (Soleimanzadeh et al., 2010) نیز نقش کودهای زیستی در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را مثبت ارزیابی کردند، به‌طوری‌که استفاده از کود زیستی سبب افزایش هفت درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی نیز تعداد دانه قابل قبولی تولید کند، ایندول استیک اسید درکنار سیتوکنین که توسط کود زیستی تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد (Moradi et al., 2011).

در این آزمایش بین دو رقم مورد استفاده همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس آمده اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد سنبل‌چه در سنبله مشاهده گردید (جدول ۳). افزایش کود شیمیایی فسفر و استفاده از کود زیستی موجب افزایش تعداد سنبل‌چه در سنبله گردید. به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد سنبل‌چه در رقم ساجی و قارچ میکوریزا به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین تعداد سنبل‌چه در رقم کراس‌سبلان و تیمار عدم مصرف کود شیمیایی فسفر و کود زیستی به‌دست آمد که نسبت به شاهد افزایش ۶۰/۷ درصدی از خود نشان داد (جدول ۴).

وزن هزار دانه نیز یکی دیگر از اجزای مهم عملکرد دانه محسوب می‌گردد، که تحت برهم‌کنش رقم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم ساجی با میانگین در تیمار قارچ میکوریزا و باکتری به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیش‌ترین وزن هزار دانه بود. کم‌ترین وزن هزار دانه نیز در رقم کراس سبلان و شاهد با میانگین مشاهده گردید که نسبت به شاهد موجب افزایش ۱۸/۹ درصدی گردید (جدول ۴). علت افزایش وزن هزار دانه در ارقام مورد استفاده در حضور تیمار باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا به این دلیل که زمانی که گیاه شدیداً در حال رشد می‌باشد مواد حاصل از فتوسنتز به ریشه‌ها انتقال می‌یابد، توسعه ریشه شرایط برای جذب عناصر غذایی فراهم می‌شود که این به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد. زمانی‌که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد، مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌کند. باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا از طریق تسریع و تقویت این عمل سبب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد. آنچه مشخص است در شرایط آب‌وهوایی ایلام و در مرحله تشکیل و پر شدن دانه که عملاً کمبود آب و گرما را شاهد هستیم کمبود رطوبت موجب می‌گردد که عمل تشکیل دانه و پر شدن دانه به‌خوبی صورت نگیرد و با مشکل مواجه گردد که نتیجه آن چروکیدگی و کاهش وزن هزار دانه می‌باشد. کاربرد کود زیستی در این مرحله باعث افزایش وزن هزار دانه در مقایسه با سایر تیمارهای شاهد می‌باشد. با توجه به جدول برهم‌کنش اثر رقم در مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی، رقم ساجی در مخلوط باکتری افزاینده رشد و قارچ میکوریزا به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیش‌ترین وزن هزار دانه و رقم کراس سبلان و شاهد (عدم کاربرد کود زیستی و کود شیمیایی فسفر) دارای کم‌ترین وزن هزار دانه بودند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی در دو رقم گندم دیم

Table 3- Analysis of variance (mean squares) for measured parameters under different levels of chemical fertilizer and bio-fertilizer in two dry land wheat cultivars

منابع تغییرات	S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد سنبله در مترمربع Spikes.m^{-2}	تعداد دانه درسنبله Grains.spike^{-1}	تعاد سنبلچه در سنبله Spikelet.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000-Grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	طول سنبله Spike length	وزن سنبله Spike weight	ارتفاع بوته Plant height
تکرار	Replication	2	4568.8	0.90	52.1	9.9	1800801.1	8684439.3	0.001	12.2	0.008	119.4
رقم	Cultivar (C)	1	1704.08**	34.1**	383.6**	41.8**	2060231.07**	4881657.4**	0.009**	44.6**	1.5**	784.08**
مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی	Chemical Fertilizer and Bio-fertilizer (CF and BF)	7	605.6**	30.2**	182.9**	17.2**	1926480.7**	6397904**	0.007**	11.7**	2.7**	889.7**
اثرات متقابل	C×(CF and BF)	7	160.6*	40.05**	28.4**	3.2*	307785.5**	1381661.7**	0.0003*	0.5*	0.3**	67.6**
خطا	Error	30	68.3	0.4	6.7	1.2	72600	393795.4	0.0001	0.2	0.07	12.6
ضریب تغییرات (درصد)	CV%	-	3.3	5.2	9.5	3.2	12.3	12.04	2.6	6.5	12.5	3.9

* and **: significant at the 5% and 1% levels, respectively

* و **: به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ٤- اثر برهم‌کنش رقم و کود زیستی بر عملکرد و اجزا عملکرد در دورقم گندم دیم

Table 4- Interaction effect of cultivar and bio-fertilizer on grain yield and its components in two cultivars of wheat in dryland conditions

		تعداد سنبله در مترمربع Spikes.m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Grains.spike^{-1}	تعاد سنبل‌چه در سنبله spikelet.spike^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.h^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.h^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	طول سنبله Spike length (cm)	وزن سنبله Spike weight(g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
کراس‌سبلان Keras Sabalan	P_0	224.6^{f}	14.9^{g}	6.6^{j}	32.1^{i}	1010^{i}	3133.3^{f}	32.1^{i}	5^{hi}	1.3^{e}	69.3^{f}
	P_1	249.6^{abcd}	22.6^{e}	$12.6f^{g}$	32.9^{hi}	1754.9^{fg}	4723.3^{cde}	37.1^{gh}	8.6^{bc}	1.5^{e}	96.3^{bc}
	P_2	256.3^{abc}	$25.2d^{e}$	$12.6f^{g}$	34.06^{fgh}	2034.3^{defg}	5143.7^{cde}	39.4^{ef}	7.3^{de}	1.6^{de}	88.6^{d}
	P_3	246.3^{cde}	21.5^{ef}	12.6^{h}	33.2^{ghi}	1649.3^{gh}	3324.3^{ef}	38.1^{fg}	7^{ef}	1.64^{de}	80.3^{e}
	P_4	248.6^{bcd}	$24d^{e}$	11.3^{hg}	33.1^{ghi}	1801.2^{efg}	4396.7^{ef}	40.8^{de}	7.6^{de}	1.8^{de}	92^{bcd}
	P_5	264^{ab}	28.6^{cd}	15.03^{bc}	35.6^{cde}	2382.6^{bcd}	5560.3^{bcd}	42.9^{bc}	10^{a}	2.9^{b}	108^{a}
	P_6	264.6^{a}	30.6^{bc}	14.9^{bcd}	36.4^{c}	2860.9^{ab}	6636.7^{ab}	43.3^{bc}	9^{b}	2.9^{b}	108.6^{a}
	P_7	254.3^{abc}	27.6^{cd}	12.8^{efg}	35.06^{cdef}	2283^{cde}	5280^{cde}	43.2^{bc}	9.3^{ab}	2.4^{bc}	107^{a}
ساجی Saji	P_0	223.3^{f}	17.6^{fg}	9.6^{i}	33.1^{ghi}	1214.1^{hi}	3366.7^{fg}	35.7^{h}	4.5^{h}	1.5^{e}	64f
	P_1	236.6^{def}	27.5^{cd}	13.9^{cde}	34.3^{efgh}	2042.2^{defg}	4926.7^{cde}	41.4^{cd}	6.2^{fg}	1.6^{de}	88.6^{d}
	P_2	230.6^{ef}	28.4^{cd}	13^{efg}	34.5^{defg}	2119.5^{cdefg}	5146.7^{cde}	41.04^{de}	5^{hi}	1.7^{de}	81.6^{e}
	P_3	245.3^{cde}	31.5^{bc}	14.7^{bcd}	35.8^{cde}	2557.08^{bc}	5910.3^{bc}	43.08^{bc}	5.05^{hi}	2.4^{bc}	$86d^{e}$
	P_4	236def	28.03^{cd}	13.7^{def}	35.6^{cde}	2189.5^{cdef}	5002.7^{cde}	43.7^{b}	5.5^{hg}	2.1^{cd}	80^{e}
	P_5	246cde	34.5^{b}	15.6^{b}	39.6^{a}	3210.8^{a}	7218^{a}	44.4^{ab}	8^{cd}	3.5^{a}	98^{b}
	P_6	241cde	31.3^{bc}	14.1^{cde}	36.1^{c}	2524.1^{bcd}	5693.3^{bc}	44.2^{ab}	7.02^{ef}	2.5^{bc}	91^{cd}
	P_7	254.6abc	41.6^{a}	16.8^{a}	38.2^{b}	3233.4^{a}	7036.7^{a}	45.9^{a}	$7.1d^{e}$	3.6^{a}	96.3^{bc}

P_0، P_1، P_2، P_3، P_4، P_5، P_6 و P_7: به‌ترتیب عدم مصرف کود شیمیایی فسفر، ۱۰۰ کود شیمیایی فسفر، باکتری، قارچ میکوریزا، باکتری + قارچ میکوریزا، باکتری + قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر، باکتری + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر

P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6 and P_7: without application of phosphorious, 100% consumption of phosphorious fertilizer, phosphate solubilizing bacteria, Mycorrhiza fungi, phosphate solubilizing bacteria + Mycorrhiza fungi, 50% of phosphorious fertilizer + phosphate solubilizing bacteria + Mycorrhiza fungi, 50% of phosphorious fertilizer + phosphate solubilizing bacteria, 50% of phosphorious fertilizer + Mycorrhiza fungi, respectively.

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

بایستی توجه نمود که زمانی که دانه‌ها در حال تشکیل شدن هستند و گیاه در اواخر دوره رشد خود می‌باشد. تمام اعضای مختلف گیاه به‌عنوان منبع عمل کرده و تمام مواد فتوسنتزی ذخیره خود را به‌سمت دانه سرازیر می‌کنند، بنابراین هر گونه تنش یا کمبود آب در این مرحله باعث چروکیدگی، کوچکی و لاغری دانه می‌گردد. ناصری و همکاران (Naseri et al., 2010) در آزمایش خود نشان دادند، تنش‌های شدید کمبود آب اندازه و وزن دانه‌های گندم را به‌علت تقلیل انتقال مجدد آسیمیلات‌ها کاهش داد و کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. در گزارش‌های دانشمند و همکاران (Daneshmand et al., 2008) نیز نشان داده شد که تنش خشکی موجب کاهش وزن هزار دانه در اواخر دوره رشد در گیاه می‌گردد. به‌طور کلی، وزن دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن آن‌ها است. وجود تنش‌های محیطی مانند کمبود آب به‌ویژه در مرحله تشکیل و پر شدن دانه، به‌دلیل کاهش در میزان فتوسنتز جاری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه و در نهایت، وزن آن را کاهش می‌دهد (Naseri et al., 2010). نتایج ماریوس و همکاران (Marius et al., 2005) نشان داد که تأثیر تلقیح با باکتری *سودوموناس* بر گیاه و کاروتن B و A آفتابگردان موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگ‌دانه‌های کلروفیل و بعد از گل‌دهی در فرآیند فتوسنتز، تولید انرژی و در نهایت بهبود رشد آفتابگردان در تیمار کود زیستی نسبت به کنترل شده است. مرادی و همکاران (Moradi et al,. 2011) نیز نشان که اثرات مثبت کودهای زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسیمیلات بیش‌تر و بهبود رشد گیاه شده است در نتیجه، وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار عدم تلقیح افزایش نشان داده است. هم‌چنین اظهار داشتند احتمالاً کاربرد کود شیمیایی فسفر، شرایط تغذیه‌ای مناسب را برای تکثیر و فعالیت باکتری *سودوموناس* فراهم نموده است، زیرا این باکتری جهت رشد و نمو و تثبیت فسفر نیازمند وجود این عناصر در محیط غذایی هستند. شهاتا و الخاواز (Shehata & EL-Khawas, 2003) تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات را بر پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد شامل باکتری های افزاینده رشد، اجزای عملکرد را در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) بهبود بخشیدند.

همان‌طور که جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، عملکرد دانه تحت تأثیر رقم، مخلوط کودهای شیمیایی و کود زیستی و هم‌چنین برهم‌کنش آن‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). اثر برهم‌کنش رقم در کود زیستی نشان می‌دهد که رقم ساجی و قارچ میکوریزا به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و مخلوط قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیش‌ترین عملکرد دانه می‌باشند و کم‌ترین عملکرد دانه در رقم کراس‌سبلان و شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). در این پژوهش، مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا در دو رقم گندم نان و دروم موجب افزایش عملکرد دانه گردید، به‌طوری‌که درصد افزایش عملکرد دانه در رقم ساجی و استفاده از کود زیستی نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی فسفر و مخلوط قارچ میکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات) ۶۲ درصد بود. هم‌چنین درصد افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر ۳۶ درصد بود (جدول ۴). بیش‌تر بودن عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا در هر دو رقم را می‌توان به بالا بودن دو جز عملکرد یعنی تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبل‌چه در سنبله و وزن هزار دانه نسبت داد. به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با *سودوموناس* و احتمالاً ایجاد شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی باعث استقرار سریع‌تر گیاهچه و بهره‌مندی بیش‌تر از منابع محیطی توسط گیاه می‌شود. چنین وضعیتی باعث می‌شود که تا گیاه شرایط مناسب‌تری را جهت پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیش‌تری می یابد. حمیدی و همکاران (Hamidi et al., 2009) نشان دادند که در اثر تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با کود زیستی *سودوموناس فلورسنس*، تعداد برگ‌های بالایی بلال و تعداد برگ در هر بوته افزایش یافته است. آن‌ها نیز دلیل این امر را وجود روابط مثبت بین گیاه و باکتری دانسته و اعلام داشتند که این موضوع در نهایت، منجر به افزایش عملکرد علوفه سیلویی شده است. آن‌ها هم‌چنین اظهار داشتند که احتمالاً باکتری‌های محرک رشد از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، عملکرد و ویژگی‌های مرتبط با آن را در ذرت علوفه ای تحت تأثیر قرار داده است. تانوار و همکاران (Tanwar et al., 2003) با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفره و کودهای زیستی نشان داد که اثر متقابل بین فسفر و

کود زیستی معنی‌دار است و هم‌چنین تلقیح به مایه تلقیح به‌علاوه کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره باعث بالاترین عملکرد دانه گردید. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیش‌تر آن‌ها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد. تحقیقات دیگر نیز نشان داده که لااقل برخی از سویه‌های *سودوموناس* می‌توانند از طریق تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه و افزایش قابلیت جذب آب و عناصر غذایی به‌طور مستقیم نیز در افزایش رشد گیاه مؤثر شوند (Sharma, 2000). در گزارشات دیگر نیز افزایش عملکرد دانه در سطوح کودی در گیاهان تلقیح شده، به افزایش جذب عناصر غذایی فسفر تولیدهای رشد، تحمل به تنش خشکی و مقاومت به عوامل بیماری‌زا گزارش شده است (Ashraf et al., 2004). نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که با روش تلقیح کودی نه تنها می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد، بلکه به‌طور قابل توجهی می‌توان مصرف کود شیمیایی فسفر را پایین آورد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیش‌تر آن‌ها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه گیاه گندم در تیمارهای تلفیقی می‌باشد (Moradi et al., 2011). به نظر می‌رسد که میسیلیوم‌های قارچ با پراکنش در اطراف ریشه‌های گیاه میزبان سطح جذب آب بالاتری را فراهم آورده و باعث می‌شوند تا در شرایط یکسان گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان شاهد آب بیش‌تری را در اختیار داشته باشند. از طرف دیگر، اگرچه در این پژوهش میزان جذب عناصر اندازه‌گیری نشد، امّا با توجه به نتایج محققان دیگر به نظر می‌رسد که قارچ در فراهمی و متابولیسم عناصر مورد نیاز گیاه تأثیر مهمی داشته و سبب می‌گردد تا میزان این عناصر در گیاهان تلقیح شده افزایش یابد. این امر خصوصاً در شرایط تنش برای گیاهان دارای اهمیت زیادی است. به‌طوری‌که مقایسه نتایج نشان می‌دهد که با کاهش رطوبت خاک، قارچ تأثیر بهتری بر روی گیاهان تلقیح شده دارد. به نظر می‌رسد که با توجه به محل طبیعی حضور این قارچ، که در مناطق بیابانی و خشک است، بتوان نتایج را این‌طور تفسیر نمود که قارچ نسبت به شرایط خشک و نامساعد تکامل پیدا کرده است و لذا در شرایطی که گیاه با تنش روبرو شود این قارچ بهتر می‌تواند تأثیرات خود را بر روی رشد گیاه اعمال نماید (Sepehri et al., 2009). از طرفی دیگر، تنش خشکی یکی از عوامل مؤثر بر تثبیت نیتروژن گیاه که به‌طور مستقیم از طریق تأثیر بر مقدار کربوهیدارت تولید شده در گیاه و انتقال آن به ریشه، بر تثبیت نیتروژن تأثیر می‌گذارد و در نتیجه، کمبود نیتروژن در گیاه صفات مختلف از جمله عملکرد دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Ravari & Hum, 2003).

همان‌طور که جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد اثرات برهم‌کنش رقم در مخلوط کود شیمیایی فسفر و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید. همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد، استفاده از کود زیستی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گردید، به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به رقم ساجی و قارچ میکوریزا به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و رقم کراس‌سبلان و شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از کود زیستی *سودوموناس*) بود که نسبت به شاهد سبب افزایش ۵۶/۶ درصدی بود (جدول ۴). روند تغییرات عملکرد بیولوژیک مشابه عملکرد دانه بوده است. در سیستم‌های تلفیقی عملکرد بیولوژیک به‌دلیل افزایش اجزای رویشی (سطح برگ، طول سنبله، وزن سنبله و ارتفاع) و زایشی (تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبل‌چه در سنبله، تعداد دانه و وزن هزار دانه) در مقایسه با تیمار عدم تلقیح با کود زیستی جذب عناصر غذایی بیش‌تر توسط گیاه رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه می‌شود. بنابراین، با تلقیح کود زیستی و شیمیایی نه تنها می‌توان تولید را در حد بهینه نگه داشت، بلکه میزان کود شیمیایی را کاهش داد و می‌توان ثبات تولید محصول در سیستم‌های زراعی را فراهم نمود. کودهای زیستی با تخصیص ماده خشک بیش‌تر به گیاه سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه، فراهم‌سازی امکان بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز بیش‌تر و در نهایت، افزایش رشد و نمو شدند. بر اساس نتایج رودریگز و فراگا (Rodriguze & Fraga, 1999) در اثر کاربرد *سودوموناس* افزایش معنی‌داری در عملکرد زیستی همراه با افزایش فسفر در گیاه گندم گزارش شده است. افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار سطوح کودی زیستی نسبت به شاهد در نتایج الکراکی و همکاران (Al-Karaki et al., 2004) به‌دست آمد. بنابراین، با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش به‌خصوص عملکرد بیولوژیک و سایر صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد می‌توان چنین نتیجه گرفت که هم‌زیستی با قارچ میکوریزا در شرایط مختلف

رطوبتی می‌تواند باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شود و در شرایط تنش خشکی گرما باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش‌ها می‌شود. ابوقالی و خالفالاح (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008) نیز در تحقیقی که در مورد تلقیح گندم توسط تلفیقی از گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا انجام دادند دریافتند که همزیستی میکوریزایی می‌تواند رشد رویشی و زایشی گیاه را افزایش دهد. بث و همکاران (Bath et al., 2005) نیز بیان داشتند که تلقیح میکوریزا با ماش، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی این گیاه شده است. آنان دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند و بیان داشتند که این موضوع در نهایت، باعث افزایش تجمع ماده خشک شده است.

شاخص برداشت که بیانگر تخصیص مواد فتوسنتزی به‌سمت دانه می‌باشد تحت تأثیر برهم‌کنش رقم در مخلوط کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). شاخص برداشت در رقم ساجی دارای درصد بالاتری بود که این موضوع به‌دلیل انتقال مواد ساخته شده به‌سمت دانه که از شدت بالاتری برخوردار بوده است و سبب بالا رفتن عملکرد اقتصادی دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک در رقم شده است. همانند سایر صفات ذکر شده افزایش کود شیمیایی فسفر و استفاده از کود زیستی سبب افزایش شاخص برداشت گردید. رقم ساجی و کاربرد قارچ میکوریزا به‌علاوه ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر و رقم کراس سبلان و شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی فسفر و عدم استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند، که در این پژوهش موجب افزایش ۳۰ درصدی نسبت به شاهد گردید (جدول ۴). شاخص برداشت نسبتی از عملکرد بیولوژیک است که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و با افزایش تسهیم ماده خشک برای عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که شاخص برداشت به احتمال زیاد تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی اجرای آزمایش قرار گرفته و مناسب بودن شرایط محیطی و مدیریت مزرعه در بالاتر بودن شاخص برداشت مؤثر بوده است و این افزایش در سیستم تغذیه تلفیقی چشمگیرتر بوده است. بررسی نتایج آزمایش مشخص می‌کند که سیستم‌های تغذیه تلفیقی بیش‌ترین تأثیر بر تسهیم ماده خشک نسبت به سیستم‌های آلی و شیمیایی داشته‌اند، به‌طوری‌که افزایش تسهیم ماده خشک به بوته، برگ‌ها، ساقه و دانه، افزایش شاخص برداشت را در پی داشته است. می‌توان بیان داشت که باکتری‌های افزاینده رشد و قارچ میکوریزا با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیش‌تر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شده‌اند. الکراکی و همکاران (Al-Karaki et al., 2005) و هیوینگ و همکاران (Huiying et al., 2005) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بین تیمار عدم تلقیح و تیمارهای کودشیمیایی و کود زیستی از نظر شاخص برداشت گزارش نمود. بایستی توجه نمود که بین عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت یک رابطه مستقیمی وجود دارد، بدین معنی که هرچقدر عملکرد دانه بیش‌تر باشد شاخص برداشت نیز بیش‌تر بوده است، یعنی نسبتی از مواد غذایی که در دانه ذخیره شده بیش‌تر بوده است.

ارتفاع بوته در این آزمایش تحت برهم‌کنش رقم در کود زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم کراس سبلان و تلقیح با باکتری *سودوموناس* دارای بیش‌ترین ارتفاع بوته و رقم ساجی در شاهد دارای کم‌ترین ارتفاع بوته بود که نسبت به شاهد موجب افزایش۴۱ درصدی در ارتفاع بوته گردید (جدول ۴). همانند سایر صفات ذکر شده استفاده از کود زیستی سبب افزایش ارتفاع بوته گردید. ریزجانداران حل‌کننده فسفات از طریق تولید مواد تحریک‌کننده رشد سبب افزایش رشد گیاهان به‌خصوص غلات می‌شوند و از طرفی، ارتفاع بوته صفتی است که تحت تأثیر هورمون‌های رشد به‌خصوص اکسین قرار می‌گیرد و فعال شدن این هورمون که بسته به رقم و شرایط محیطی متفاوت است، نقش بسزایی در افزایش ارتفاع گیاه دارد. از بین عناصر نیتروژن و فسفر نقش بیش‌تری در افزایش ارتفاع بوته دارند. در آزمایش راجا و همکاران (Raja et al., 2002) نیز از لحاظ ارتفاع بوته در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری بین *سودوموناس* و کود شیمیایی مشاهده گردید. در نهایت، با بررسی روند تغییرات این صفت در گیاه گندم مشخص می‌گردد، که احتمالاً تلقیح بذر با کود زیستی *سودوموناس* بیش‌ترین اثرات محرک را بر خصوصیات رشدی این گیاه داشته است. در این رابطه قابل ذکر می‌باشد که تولید انواع هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین، اسید جیبرلیک و اسید ایزوجیبرلیک توسط باکتری *سودوموناس* را مسئول افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو گیاه گندم دانست. سینگ و همکاران (Singh et al., 2004) بیان داشتند باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق سنتز ویتامین‌های مختلف و هورمون‌های محرک رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلین موجب بهبود رشد رویشی

می‌شوند. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که در این پژوهش نیز احتمالاً، این باکتری از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، گیاه گندم را تحت تأثیر قرار داده که در نتیجه، باعث افزایش ویژگی‌های رشدی، در تیمار تلقیح با کود زیستی نسبت به تیمار عدم تلقیح است. این فرضیه با توجه به این که اکسین‌ها موجب تقسیمات سلولی بیش‌تر و جیبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به‌ویژه میان‌گره‌های ساقه می‌شوند، قابل توجیه می‌گردد. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که به‌دلیل افزایش ارتفاع بوته و هم‌چنین افزایش سرعت رشد گیاه، میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ در سیاهدانه در شرایط تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات بهبود یافته است. شالان (Shaalan, 2005) نیز نشان داد که تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای بیولوژیکی *سودوموناس* باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه، نظیر ارتفاع گیاه شده است، که علت اصلی این امر افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بوده است. همان‌طور که سینگ و همکاران (Singh et al., 2004) اظهار کرده‌اند باکتری‌های محرک رشد از طریق سنتز آمینواسیدها و هورمون‌های محرک رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلین باعث بهبود رشد رویشی هم می-شوند. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که در این پژوهش نیز احتمالاً، این باکتری از طریق تولید محرک‌های رشد، گیاه گندم را تحت تأثیر قرار داده که در نتیجه، باعث افزایش ویژگی‌های رشدی، در تیمار تلقیح با کود زیستی نسبت به تیمار عدم تلقیح است. این فرضیه با توجه به این که اکسین‌ها موجب تقسیمات سلولی بیش‌تر و جیبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به‌ویژه میان‌گره‌های ساقه می‌شوند، قابل توجیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، به نظر می‌رسد که تلقیح بذر گندم عملکرد دانه گندم دیم را افزایش داده است. هم‌چنین به نظر می‌رسد در تیمار فوق این دو نوع کود زیستی بهترین اثر را قارچ میکوریزا داشته که در نهایت، منجر به بهبود خصوصیات رشدی گندم شده است. بنابراین، با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، چنین به نظر می‌آید که کاربرد کودهای محرک رشد و قارچ میکوریزا، می‌تواند در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه، بهبود خصوصیات رشدی گیاه گندم و کاهش تنش‌های آخر فصلی (خشکی و دما) که گندم دیم با آن مواجه می‌گردد مؤثر باشد. نتایج این پژوهش بیانگر امکان استفاده از این قارچ در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده که مطالعات بیش‌تر در این زمینه می‌تواند امکان استفاده عملی و گسترده آن را فراهم نماید. آن‌چه مشخص است در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلیل کم بودن و توزیع غیریکنواخت بارندگی از سالی به سال دیگر، عملکرد سالیانه نوسانات زیادی نشان می‌دهد. از طرف دیگر، زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق، سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان می‌شود و استفاده از آبیاری تکمیلی با توجه به محدود بودن منابع آبی دارای محدودیت می باشد، بنابراین با توجه به محدودیت آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک و شرایط دیم ایلام جهت دسترسی به آب آبیاری بایستی به دنبال راه‌حل جهت جایگزینی برای جبران کم‌آبی بود، که با توجه به نتایج به‌دست آمده، استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد و به‌ویژه قارچ میکوریزا می‌تواند مفید باشند. بنابراین با توجه نتایج این پژوهش گندم دوروم ساجی در تیمار قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر واکنش بهتری به قارچ میکوریزا از خود نشان داد.

References

Abo-Ghalia, H.H., and Khalafallah, A.A., 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4: 570-580.

Al-Karaki, G., Michael, M. C., and John Zak, B., 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263–269.

Ashraf, M., Museen-Ud-Din, M., and Warraich. N.H., 2003. Production efficiency of mung bean (*Vigna radiate* L.) as affected by seed inoculation and NPK application. International Journal of Agriculture and Biology 5 (2): 179-180.

Azadi S., Siadat A., Naseri, R., Soleymanifard A., and Mirzaei, A., 2013. Effect of integrated application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillium brasilense* and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. Journal of Crop and Ecophysiology 5 (26):129-146. (In Persian with English

Summary).
Bath, S.A., Thenua O.V.S., Shivakumar, B.G., and Malik, J.K., 2005. Performance of summer green gram [*Vigna radiate* (L.) Wilczek] as influenced by biofertilizers and phosphorus nutrition. Haryana. Journal of Agronomy 21:203-205
Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W., 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystem and Envirenment 116: 72-84.
Daneshmand, A.R., Shirani-Rad, A.H., Nourmohammadi, Gh., Zareei, Gh., and Daneshian, J., 2008. Effect of irrigation regimes and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science 10: 244-261. (In Persian with English Summary).
Hamidi, A., Chaokan, R., Asgharzadeh, A., Dehghanshoar, M., Ghalavand, A., and Malakouti, M.J., 2009. Effect of plant growth promoting rhizobateria (PGPR) on phonology of late maturity maize (*Zea mays* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science 11 (3): 249-270. (In Persian with English Summary).
Huiying, L., 2005. Role of mycorrhiza symbiosis in growth and phosphorus nutrition of wheat. The University of Adelaide 99 180.
Kanwal, S., Bano, A., and Naseem Mal R., 2015. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat growth, physiology, nutrition and cadmium uptake under increasing cadmium stress. International Journal of Agronomy and Agricultural Research 7 (5): 30-42.
Marius, S., Octavita, A., Eugen, U., and Vlad, A., 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus anuus* L.). Analele tiinifice ale Universitii"Alexandru Ioan Cuza", Genetici Biologie Molecular, TOM V.
Mertnese, T., and Hess, D., 2004. Yield increase in spring wheat inoculated with Azospirillium under greenhouse and field condition of a temperate region. Plant and Soil 82: 87-99.
Moradi, M., Siadat, A., Khavazi, K., Naseri, R., Maleki, A., and Mirzaei, A., 2011. Effect of application of bio-fertilizer and phosphorous fertilizers on quantities and qualitative traits of spring wheat. Journal of Crop and Weed Ecophysiology 5 (18): 51-66. (In Persian with English Summary).
Naseri, R., Soleymanifard, A., Mahmodian, L., and Nazrbegi, E., 2010. The effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agronomic traits of four rapeseed cultivars. National Congress of New Findings in Oilseed Crops Production 26-27Jun. (In Persian with English Summary).
Naseri, R., Soleymanifard, A., and Soleymani, R., 2010. Yield and yield components dry land cultivars as influenced by supplementary irrigation at different growth stages. American-Eurasian Journal Agriculture and Envirnmental Science 7 (6): 684-688.
Raja, A.R., Shah, K.H., Aslam, M., and Memon, M.Y., 2002. Respons of phosphobacterial and mycorrhizal inoculation in wheat. Asian Journal of Plant Science 4: 322-323.
Rashid, M., khalili, S., Ayub, N., Alam S., and Latif, F., 2004. Organic acids production solubilizing by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro condition. Pakistan Journal of Biological Science 7: 187-196.
Ravari, V., and Hum, D.J., 2003. Performance of a superior *Bradyrhizobium japonicum* and selected Sinorhizum ferdii strain with soybean cultivar. Agronomy Journal 84: 1051-1056.
Rodriguze, H., and Fraga, R., 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their rol in plant growth promotion. Biothecnology Advances 17: 319-339.
Sepehri, M., Saleh Rastin, N., Hosseini Salekdeh, G., and Khayam Nekoe, M., 2009. Effect of endophytic fungus, *Piriformospora indica*, on growth and resistance of *Hordeum vulgare* L. to salinity stress. Journal of Rangeland 3 (3): 508-518.
Shaalan, M.N., 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agricultural Sciences 83: 811-828.
Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. 1sd edition. Jodhpur: agrobios, Indian 456p.
Shehata, M.M., and EL-Khawas, S.A., 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 1257-1268.
Singh. R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., and Narula, N., 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University. Hisar, India. Plant Soil Environ 50 (9): 409-415.

Soleymanifard, A., and Naseri, R., 2014. The Effects of urea fertilizer and *Azotobacter* and *Azospirillum* on physiological charactestis of maize (*Zea mays* L.) at Khash, Iran. Journal of Crop and Ecophysiology 8 (3):301-316. (In Persian with English Summary).

Soleymanifard, A., Naserirad, H., Naseri, R., and Piri, I., 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phonology traits, grain yield and associated traits of maize (*Zea mays* L.) hybrids. Journal of Crop and Ecophysiology 1 (25):71-91. (In Persian with English Summary).

Soleimanzadeh, H., Habibi, D., Ardakani, M.R., Paknejad, F., and Rejali, F., 2010. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with *Azotobacter* under different nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environment 7 (3): 265-268.

Song, H., 2005. Effects of VAM on host plant in condition of drought stress and its mechanisms .Electronic Journal of Biology 1 (3): 44-48.

Tang, M., Chen, H., Huang, J.C., and Tian, Z.Q., 2009. AM fungi effects on the growth and physiology of *Zea mays* L. seedlings under diesel stress. *S*oil Biochemistry 41: 936–940.

Tanwar, S.P.S., Sharma, G.L., and Chahar, M.S., 2002. Effects of phosphorus abd biofertilizers on growth and productivity of black gram. Annuals of Agricultural Research 23 (3): 491-493.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H., 2005. Effects of bio-fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155–166.

Wu, Q.S., and Xia, R.X., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology 163 (4): 417-425.

Yasari, E., and Patwardhan, A.M., 2007. Effects of *Aztobacter* and *Azospirillium* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. Asian Jouranl of Plant Science 6 (1): 77-82.

Zahir, A.Z., Abbas, S.A., Khalid, A., and Arshad, M., 2000. Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan Journal of Biological Sciences 3:289-291.

Zaidi, A., and Khan, M.S., 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-*bradyrhizobium* symbiosis. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 223-230.